**Тема № 9**

**Кристалічна будова металів**

**1. Атомно-кристалічна будова металів**

У техніці під металами розуміють як технічно чисті метали, так і їхні сплави.

Застосування металів потребує знання їхніх механічних, фізичних і техно­логічних властивостей. Вони залежать не тільки від складу металевих мате­ріалів, а й від їхньої будови (структури). Тому, змінюючи будову металів термічною або механічною обробкою, можна значно змінити і їхні власти­вості.

**Метали** – один з класів конструкційних матеріалів, що характеризується певним комплексом властивостей:

* металевий блиск (добра відбивна здатність);
* пластичність;
* висока теплопровідність;
* висока електропровідність.

Всі метали, що тверднуть в нормальних умовах, являють собою кристалічні речовини, тобто розташування атомів в них характеризується певним порядком – періодичністю, як за різними напрямами, так і за різними площинами. Цей порядок визначається поняттям **кристалічні решітки***.*

Іншими словами, кристалічні грати – це уявні просторові грати, у вузлах яких розташовуються частинки, які утворюють тверде тіло.

Усі метали в твердому стані мають кри­сталічну будову. Розташування атомів (іонів) у кристалічній речовині зви­чайно зображають у вигляді елементарної комірки, яка є найменшим ком­плексом атомів. Багаторазове повторювання її відображає розташуван­ня атомів в об'ємі всієї речовини, тобто її кристалічну решітку.

Найхарактернішими для металів є три типи кристалічних комірок:

* об'ємоцентрована кубічна (ОЦК) з розміщенням атомів у вершинах і одно­го атома у центрі об'єму куба;
* гранецентрована кубічна (ГЦК) з розмі­щенням атомів у вершинах і в центрі кожної грані куба;
* гексагональна щільноупакована (ГЩУ) з розміщенням атомів у вершинах і в центрі ше­стикутних основ призми і трьох атомів усередині призми.



Рис. 8.1. Основні типи кристалічних граток:

а – ОЦК; б – ГЦК; в - ГЩУ

У системі ОЦК, наприклад, кристалізуються Fе, Nb, Сr, Мо, W; у системі ГЦК - Сu, Ni, Рb, Аg; у системі ГЩУ - Мg, Zn, Ті, Сd та ін.

Відомо 4 основних типи міжатомних зв’язків:

- металічний – характеризується тим, що при зближенні атомів валентні електрони втрачають приналежність до окремих атомів і стають загальними, утворюючи так званий “електронний газ”. Зв’язок в цьому випадку визначається електостатичним притяганням між позитивно зарядженим іонним скелетом і негативно зарядженим електронним газом;

- іонний зв’язок проявляється у випадку так званих іонних кристалів (хімічні з’єднання типу NaCl, KBr). В цьому випадку утворення зв’язку відбувається шляхом передачі атома одного елемента свого валентного електрона атому іншого елемента. Перехід електрона від одного елемента до іншого призводить до утворення позитивного і негативного іонів, які притягаються один до одного електростатично;

- ковалентний зв’язок частіше проявляється при утворенні молекул з атомів одного елемента (н-д, H2, Cl2, O2). Цей тип зв’язку проявляється шляхом об’єднання валентних електронів двох атомів, які переходять на загальну орбіту;

- міжмолекулярний (ван-дер-ваальсний) зв’язок відбувається між нейтральними молекулами. Сили притягання і відштовхування в цьому випадку також мають електромагнітну і квантову природу. Дія сил Ван-дер-Ваальса доволі слабка, тому молекулярні з’єднання мають низьку температуру плавлення.

**2. Анізотропія. Дефекти кристалічної будови**

У різних кристалографічних площинах, проведених через центри атомів у кристалічних решітках, число атомів і відстані між ними неоднакові. У зв'язку з цим властивості моно­кристалів у різних напрямах неоднакові. Таке явище називається **анізот­ропією***.*

Анізотропія виявляється в неоднаковості опорів монокристала елек­тричного струму і швидкості розчинення в хімічних реактивах, у відмін­ності механічних властивостей. Наприклад, міцність зразків, вирізаних у різних напрямах з монокристала міді, відрізняється приблизно в 3 рази, а пластичність - більше ніж у 5 разів.

Реальні метали є тілами полікристалічними, тобто складаються з вели­кої кількості по-різному орієнтованих у просторі кристалів (зерен).Тому властивості таких металів у будь-якому напрямі усереднені, однакові. Про­те в тих випадках, коли обробка металів сприяє переважному орієнтуван­ню окремих кристалів (наприклад, при прокатуванні, куванні), полікристалічні метали стають також анізотропними. Так, міцність зразків, вирі­заних з листа вздовж і впоперек напряму прокатування, різна; температур­ний коефіцієнт лінійного розширення листа з цинку залежно від напряму прокатування може відрізнятися в 1,5...2 рази.

Кристалічна будова, яку було описано вище, є ідеальною. Насправді ж вона має багато дефектів - точкових, лі­нійних і поверхневих.

**Точкові дефекти**(рис. 8.2, *а)* характеризуються малим розміром у всіх трьох вимірах. До цих дефектів належать вакансії - вільні вузли *1* у кристалічній решітці, атоми *2,* зміщені в простір між вузлами, і атоми *3* до­мішок.



***а*** *б*

Рис. 8.2. Дефекти кристалічної будови металів

**Лінійні дефекти**мають малий розмір тільки в двох вимірах. Основний вид цих дефектів - це дислокації. На рис. 8.2, *б* подано так звану крайову дислокацію *4,* яка становить край “зайвої” кристалографічної півплощини. При іншому характері зміщення атомів може утворитися складніша дислокація – гвинтова. Дислокації утворюються в процесі твердіння і особ­ливо при деформації металу.

**Поверхневі дефекти**характеризуються малим розміром тільки в одно­му напрямі. Звичайно вони утворюються на границях зерен, на вільних поверхнях тощо.

Дефекти кристалічної будови, зокрема дислокації, відіграють велику роль у пластичній деформації, зумовлюючи значні зміни у властивостях металів. Точкові дефекти виявляються більше в процесах, пов'язаних із переміщенням (дифузією) атомів.

3. Модель кристалізації полікристалічного металу за Миркіним

Ще у 1878 р. Дмитро Константинович Чернов визначив, що процес кристалізації складається з двох стадій:

* зародження центрів кристалізації;
* ріст центрів кристалізації.

Перша стадія при кристалізації металів відбувається досить швидко. Тверді мікрооб'єми рідкого металу при переохолодженні набувають стабільності та здатності до росту. Тобто центрами кристалізації називають такі кристалічні об'єми рідкого металу, які здатні рости. Подальший ріст таких центрів відносять до другої стадії процесу кристалізації, яка є більш тривалішою.

При розгляді механізму кристалізації промислових металів слід мати на увазі, що виникнення центрів кристалізації відбувається довільно: під різними кутами орієнтації атомних шарів і т.д. Тому для уявлення процесу розглянемо модель кристалізації за Миркіним:

різна просторова орієнтація зародків кристалів призводить до того, що при своєму розростанні вони стикаються один з одним, втрачають правильну форму і стають окремими частинами твердого металу. При цьому утворюються границі між твердими кристалами (частинами) довільної форми. Такі кристали називають **кристалітами,** або зернами, а границі між ними – границями зерен.

Сукупність окремих частин твердого металу, їх форма, розміри та характер розташування називається **структурою металів**. Структура промислових металів є полікристалічною чи полізернистою, оскільки такі метали складаються з великої кількості зерен. Вивчають структуру металів за допомогою металографічних мікроскопів. За визначеною структурою матеріалів чітко можна встановити більшість властивостей та придатність матеріалу до виготовлення тих чи інших виробів

4. Самовільна та не самовільна кристалізація. Модифікування. Поліморфні перетворення в металах

**Самовільною кристалізацією** називають затвердіння високочистого металу при значному ступені переохолодження.

Існуючі в металах технічної чистоти домішки відіграють роль готових центрів кристалізації або сприяють підвищенню числа зародків. Такі метали і особливо сплави кристалізуються несамовільно. Надлишок центрів кристалізації сприяє утворенню дрібнозернистої структури.

Таким чином, для підвищення дрібнозернистості промислових металів та сплавів в них свідомо додають спеціальні домішки – **модифікатори**. Процес вводу модифікаторів у рідкий метал називають **модифікуванням**. Розрізняють модифікатори першого та другого роду.

Модифікатори І-го роду – це дрібні тугоплавкі частинки (карбіди, нітриди, оксиди). Модифікатори ІІ-го роду - це поверхнево активні елементи (бор, магній).

Багато металів можуть змінювати свою кристалічну решітку залежно від умов і в першу чергу від температури. Це явище називають **поліморфізмом** (алотропізмом).

Температура, при якій метал змінює (перебудовує) свою кристалічну решітку називається **температурою поліморфного перетворення**.

Деякі метали при нагріванні втрачають магнітні властивості. Повна втрата феромагнітних властивостей називається **магнітним перетворенням**.

**5. Будова металічного зливка**

Кристаліти або зерна, які утворюються в процесі затвердіння зливків або деталей, мають деревоподібну форму (рис. 8.3). Таку форму зерен називають **дендритною**, а сам кристал **дендритом**.



Рис. 8.3. Схема дендриту

Напрямок росту дендритів залежить від характеру відводу тепла. Дендрит зароджується біля найбільш переохолоджених місць рідкого металу і росте в напрямку, протилежному напрямку відводу тепла. Це зумовлює певну будову зливка (рис.8.4).



При кристалізації металічного зливка рідкий метал контактує з холодними стінками виливниці. Це викликає утворення трьох зон зливку, поява яких зумовлена різним ступенем переохолодження в різних зонах рідкого металу.

1

2

3

Рис. 8.4. Будова металічного злитка

Зона 1 – коркова зона дрібних рівноосних кристалів. Утворюється при дуже значному переохолодженні.

Зона 2 – зона подовгастих (стовпчастих) кристалів. Процес росту кристалів (дендритів) залежить від напрямку відводу тепла: стовпчасті дендрити ростуть нормально до поверхні виливниці в глибину рідкого металу.

Зона 3 – зона великих рівноосних кристалів. Утворюється в наслідок незначного відводу тепла.